

REPUBLIC OF FRANCE

(11) Publication No: **2 337 449**To be used only for  
reproduction orders**NATIONAL INSTITUTE OF  
INDUSTRIAL PROPERTY****PARIS****A1****PATENT APPLICATION**

(21)

**No. 75 39959**(54) **Integrated optical circuit of the waveguide type with a multiple petromictic structure and its manufacturing process**(51) **International Classification (Int. Cl.<sup>2</sup>)** **H 01 S 3/18; G 02 B 5/14; H 01 L 27/15, 31/18.**(22) **Filing date.....** **December 29, 1975 at 2:56 P.M.**(33)(32)(31) **Claims priority:**(41) **Date of public availability:** **Official Industrial Property Bulletin....., "Lists",  
No. 30 of July 29, 1977.**(71) **Applicant: Corporation called: TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY, domiciled in Japan.**(72) **Inventors:**(73) **Patent Holder: *Idem* (71)**(74) **Authorized agent: Cabinet [Law Office] A. Lourié and W. Flechner.**

---

**D** **Sale of issues at the "IMPRIMERIE NATIONALE [National Printing House], 27, rue de la Convention –  
75732 PARIS CEDEX 15**

This invention relates to an optical circuit of the waveguide type with a multiple petromictic structure, in which various functional circuits are arranged on a wafer by coupling the thin-layered components to an optical guide by means of directional coupler.

First of all, the relationship between the passive and active optical components and a waveguide of the previous type will be described. To this end, the relationship between a semiconductor laser and a waveguide will be explained.

In a conventional semiconductor laser, a reflector is attached at each end of a laser medium, so that the semiconductor laser could function as a resonator. It was very difficult to attach a waveguide to the resonator to divert a portion of the laser light by means of a reflector. The use of a directional coupler was proposed to couple a waveguide to a semi-conductor laser of the circular resonator type. However, the attachment of the waveguide has remained very difficult due to the fact that a portion of the laser light is diverted. In addition, these devices cannot be produced in the form of an integrated circuit. A distribution reflector attached to a section of a thin-layered semiconductor laser was proposed, forming an integral part of a waveguide. However, the loss of transmission in the waveguide is quite significant for the wavelength of the laser light, in view of the fact that the thin-layered waveguide has the same composition as that of the semiconductor laser medium. In addition, there is the disadvantage that the light emitted diverges due to the fact that the thickness of the thin-layered laser medium is very thin for reproducing the current of the oscillation threshold. Furthermore, in order to integrate these devices with other optical components, it is necessary to use optical components that have been manufactured individually. Moreover, there is a loss of coupling when the optical components are coupled, and the service life is short due to the fact that the crystals grow on the distribution reflector once it has been terminated.

This invention proposes making an integrated optical circuit of the waveguide type with a multiple and petromictic structure, in which the thin-layered components, e.g., a semiconductor laser, are coupled by means of a directional coupler, to a waveguide that shows a minimal loss of transmission.

This invention also proposes making an integrated optical circuit with a multiple and petromictic structure, in which the thin-layered components of the mesa type are formed in such a way that they form an integral part of a waveguide with a multiple and petromictic structure, and are coupled thereto by means of a directional coupler in such a way that they can simultaneously form, by means of the crystal growth, laser oscillators, modulators, amplifiers, sensors or demodulators, spatial modulators, etc.

In addition, this invention also proposes making an integrated optical circuit, of the waveguide type, with a multiple and petromictic structure, in which the input and output circuits of mode conversion, and the thin-layered lenses that are not directly connected with the service life of the thin-layered components, are realized in the form of an integrated circuit, making the integrated optical circuit more compact and more efficient with a minimal loss compared to the previous integrated optical circuits.

This is obtained according to the invention due to the fact that it provides an integrated optical circuit of the waveguide type with a multiple and petromictic structure, in which a thin-layered oscillator of the mesa type, comprising active and / or passive components, is configured in such a way that it forms part of the integral section of a waveguide in which the transmission losses for the wavelength of the laser light that ought to be transmitted are less, and are coupled thereto by means of directional coupler.

This invention will be better understood with the help of the following description of several embodiments shown as examples and represented in the attached drawing wherein:

Figures 1, 2 and 3 are schematics used for describing a previous version of a semiconductor laser attached to a waveguide.

Figure 4 is a perspective view of an initial embodiment of the invention.

Figure 5 is a schematic drawing showing the current relationship between the refraction indices of the layers of the device represented in Figure 4.

Figure 6 is a schematic drawing of the device shown in Figure 4.

Figures 7 and 8 are views used to explain the operating procedure of the device shown in Figure 4.

Figures 9a and 9b are schematic views to explain the relationships between the propagation constant and the wave shapes.

Figure 10 represents the various manufacturing phases of the device in Figure 4.

Figures 11 to 22 are schematics showing the respective embodiments of the invention.

Figure 1 shows schematically an example of the previous laser output circuit. A coupler 4 of a waveguide 3 consists of a dielectric substance that is placed below a semiconductor laser 1, comprising the reflecting ends 2, in such a way that a section of the laser light emitted in laser 1 can be transmitted into the waveguide 3. However, the attachment of the wavelengths that are partially curved is difficult.

In another previous embodiment, shown in Figure 2, a section of the laser beam emitted by a semi-conductor laser 1a of the circular resonator type is diverted by means of a directional coupler 3a, but the attachment of the low-loss waveguide is likewise difficult because more precise manufacturing techniques have to be used.

In another embodiment previously known, shown in Figure 3, a distribution reflector 3b is attached to a section of the thin-layered semiconductor 1, but the losses for the wavelength of the laser light are significant due to the fact that the waveguide consists of a thin layer with the same composition as that of the laser. In addition, the thickness of the thin-layered laser is very low, decreasing the oscillation threshold current, such that it appears that it disadvantageously causes the output light emitted to be diverted. Another disadvantage rests in the fact that to integrate this circuit with other optical components, optical elements that have been individually manufactured must be used.

Another disadvantage is that the coupling losses are induced between the components through which the light has passed. The crystals will grow on the distribution reflector 3b after it has been manufactured, such that the service life becomes a problem.

Figure 4 illustrates the first embodiment of the invention, comprising of an oscillator 10 and a waveguide 20. Oscillator 10 consists of a layer of GaAs 11, a layer 12 of  $Al_2Ga_{1-z}$ , an active layer 13 consisting of  $Al_xGa_{1-x}$ , an active layer 13, consisting of  $Al_xGa_{1-x}As$ , and an initial electrode 14 comprises the reflected ends 16 and 16a, with the transparent insulating layers 15 and 15a being inserted between reflecting ends 16 and 16a and layers 11 to 13. Waveguide 10 20 consists of a layer 21 of  $Al_2Ga_{1-z}As$ , which is a layer intended to couple oscillator 10 and waveguide 20, a layer 22 of  $Al_yGa_{1-y}As$ , which consists of an output waveguide 24, a layer 23 of  $Al_2Ga_{1-z}$ , a layer of GaAs 24 and an electrode 25. The indices x, y and z are linked by the following equation:

$$x < y < z$$

The refraction indices of the layers are illustrated in Figure 5, p and n, indicating the type of semiconductor material.

Now the operating procedure will be described referring to Figure 6, which is a schematic drawing of the device illustrated in Figure 4 and to Figure 7, illustrating the manner in which a section of the laser light is diverted from the oscillator 10 toward the waveguide 20. The length of the coupling  $X_c$  depends upon the thicknesses of 2a, 2b and 2c and the refractions indices  $n_1$ ,  $n_2$  and  $n_3$  of the active layer 13 and layer 22 of the output waveguide and of the coupling layer 21.  $B_1$ ,  $B_2$  and  $B_3$  are propagation constants.

Laser wave  $A_1$  indicating the coupling length  $l_c$  that appears at one end of oscillator 10 propagates in the direction indicated by the arrow with solid dashes and is gradually transformed into laser wave  $A_2$ . One section of the wave propagates into waveguide 20, whereas laser wave  $A_3$ , transmitted into the waveguide, comprises the output. Within oscillator 10, the laser wave is reflected by the reflecting mirror 16a following wave shape  $A_{1a}$ , indicated by the dotted lines. Laser wave  $A_{1a}$  is transformed into laser wave  $A_{2a}$ , a portion of which is propagated into waveguide 20. Laser wave  $A_{3a}$  is reflected at the level of reflecting mirror 16 to form laser wave  $A_1$ , indicated by solid dashes. In this case, the laser wave in waveguide 20 becomes the output wave.

The output mode of the laser wave with a coupling length  $2c/2$  is illustrated in Figure 8. When  $B_1 = B_2$  and  $B_1 = B_2$ , the laser waves appear as the superimposition of two waves, as illustrated in Figure 9a and 9b.

As described below, the thin-layered oscillator, comprising a laser medium and the thin-layered output circuit, presenting a low loss for the length of the laser, can be realized in the form of a multi-layered structure.

Now the manufacturing process of the device illustrated in Figure 4 will be described.

In the device illustrated in Figure 4, the ends 16 of oscillator 12, on which the reflecting mirrors 16 have formed, cannot be split or polished. An example of the manufacturing process using the invention making it possible to resolve this problem will be described referring to Figure 10.

On the wafer comprising, as illustrated in Figure 10 (i), layer 11 of GaAs, layer 12 of  $Al_xGa_{1-x}As$ , layer 13 of  $Al_xGa_{1-x}As$ , layer 21 of  $Al_xGa_{1-x}As$ , layer 22 of  $Al_yGa_{1-y}As$ , layer 23 of  $Al_xGa_{1-x}As$  and layer 24 of GaAs, a mask 26 is placed, as illustrated in Figure 10 (ii). Mask 26 consists of a crystal of GaAs whose two ends 27 and 27a are split to form the reflecting surfaces. Mask 26 is placed on layer 11 in such a way that the crystal surfaces can coincide with each other. Then the wave is subjected to an inverse pulverization, such that the sections outlined by the dotted lines could be eliminated. Thus, oscillator 10 of the mesa type may be formed as indicated in Figure 10 (iii). The tip ends of oscillator 10 are finished in such a way that they have reflecting surfaces as in the case of the end surfaces 27 and 27a of mask 26. Then, as illustrated in Figure 10 (iv), electrodes 14 and 15 are attached, and the transparent insulating layers [dielectric] are attached to the end surfaces of oscillator 10, and then reflecting mirrors 16 and 16a are attached to transparent insulating layers [dielectric] 15 and 15a. Thus, an integrated optical circuit of the waveguide type with a multiple and petromictic is attained. Through experience, it has been found that the reflecting surfaces may be obtained on the surface  $<110>$  of the  $Al_xGa_{1-x}As$ , due to the procedure mentioned above, the reflecting surfaces.....

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

⑪ N° de publication :

**2 337 449**

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑬

**N° 75 39959**

⑭

Circuit optique intégré du type à guide d'ondes à structures multiples hétérogènes  
et son procédé de fabrication.

⑮

Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). H 01 S 3/18; G 02 B 5/14; H 01 L 27/15, 31/18.

⑯

Date de dépôt ..... 29 décembre 1975, à 14 h 56 mn.

⑰ ⑯ ⑯

Priorité revendiquée :

⑰

Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — «Listes» n. 30 du 29-7-1977.

⑰

Déposant : Société dite : TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY, résidant au Japon.

⑰

Invention de :

⑰

Titulaire : *Idem* ⑰

⑰

Mandataire : Cabinet A. Lourié et W. Flechner.

La présente invention concerne un circuit optique du type à guides d'ondes à structure multiple et hétérogène, dans lequel différents circuits fonctionnels sont ménagés sur une plaquette en couplant des éléments à couche mince à un guide d'ondes, par l'intermédiaire de coupleurs directionnels.

On va tout d'abord décrire la relation existant entre les éléments optiques passifs et actifs et un guide d'ondes de l'art antérieur. Dans ce but, on va expliquer la relation entre un laser à semiconducteurs et un guide d'ondes.

10 Dans un laser à semiconducteur classique, un réflecteur est fixé sur chaque extrémité d'un milieu laser, de manière que le laser à semiconducteur puisse fonctionner comme un résonateur. Il a été très difficile de fixer un guide d'ondes sur le résonateur pour dériver une partie de la lumière du laser par l'intermédiaire du réflecteur. On a proposé d'utiliser un coupleur directionnel pour 15 coupler un guide d'ondes à un laser à semiconducteur du type à résonateur en anneau. Cependant, la fixation du guide d'ondes reste difficile du fait qu'une partie de la lumière du laser est dérivée. En outre, ces dispositifs ne peuvent pas être réalisés sous la forme 20 d'un circuit intégré. On a également proposé d'utiliser un réflecteur de répartition qui est fixé sur une partie d'un laser à semi conducteur à couche mince et qui fait partie intégrante d'un guide d'ondes. Cependant, la perte de transmission dans le guide d'ondes est très importante pour la longueur d'onde de la lumière 25 du laser étant donné que le guide d'ondes à couche mince a la même composition que celle du milieu laser à semiconducteur. Il existe aussi l'inconvénient que la lumière de sortie diverge du fait que l'épaisseur du milieu laser à couche mince est très mince pour réduire le courant de seuil d'oscillation. En outre, pour intégrer 30 ces dispositifs avec d'autres éléments optiques, il est nécessaire d'utiliser des éléments optiques fabriqués individuellement. De plus, il apparaît une perte de couplage lorsque les éléments optiques sont couplés, et la durée de vie est courte du fait que les cristaux croissent sur le réflecteur de répartition une fois que 35 ce dernier est terminé.

La présente invention se propose de réaliser un circuit optique intégré du type à guide d'ondes et à structures multiples et hétérogènes, dans lequel des éléments à couches minces, comme par exemple un laser à semiconducteur, est couplé, par l'intermédiaire 40 d'un coupleur directionnel, à un guide d'ondes qui présente une

perte de transmission minimale.

La présente invention se propose aussi de réaliser un circuit optique intégré à structure multiple et hétérogène, dans lequel des éléments à couche mince du type mesa sont formés de façon à faire partie intégrante d'un guide d'ondes à structure multiple et hétérogène, et y sont couplés par l'intermédiaire d'un coupleur directionnel de manière à pouvoir former simultanément, par croissance des cristaux, des oscillateurs laser, des modulateurs, des amplificateurs, des détecteurs ou des démodulateurs, des modulateurs spatiaux, etc.

La présente invention se propose encore de réaliser un circuit optique intégré du type à guide d'ondes à structure multiple et hétérogène, dans lequel des circuits d'entrée et de sortie de transformation de mode, et des lentilles à couche mince qui ne sont pas directement liées à la durée de vie des éléments à couche mince sont réalisés sous la forme d'un circuit intégré, de sorte que le circuit optique intégré peut être plus compact, et plus efficace avec une perte minimale par rapport aux circuits optiques intégrés antérieurement connus.

Ceci est obtenu suivant l'invention grâce au fait qu'elle fournit un circuit optique intégré du type à guide d'ondes à structure multiple et hétérogène, dans lequel un oscillateur à couche mince du type mesa, constitué par des éléments optiques actifs et/ou passifs, est formé de façon à faire partie intégrante d'un guide d'ondes dans lequel les pertes de transmission à la longueur d'onde de la lumière laser devant être transmises sont moindres, et y est couplé par l'intermédiaire d'un coupleur directionnel.

La présente invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante de plusieurs formes de réalisation données à titre d'exemples et représentées au dessin annexé dans lequel :

Les figures 1, 2 et 3 sont des vues schématiques utilisées pour décrire un laser à semiconducteur associé à un guide d'ondes antérieurement connus.

La figure 4 est une vue en perspective d'une première forme de réalisation de l'invention.

La figure 5 est un schéma montrant la relation existant entre les indices de réfraction des couches du dispositif représenté dans la figure 4.

La figure 6 est un schéma du dispositif représenté dans la 40 figure 4.

Les figures 7 et 8 sont des vues utilisées pour expliquer le mode de fonctionnement du dispositif représenté dans la figure 4.

5 les figures 9a et 9b sont des schémas servant à expliquer les relations existant entre les constantes de propagation et les formes d'ondes.

La figure 10 représente les différentes phases de fabrication du dispositif de la figure 4.

10 les figures 11 à 22 sont des schémas représentant respectivement des variantes de l'invention.

15 la figure 1 représente schématiquement un exemple de circuit de sortie laser antérieurement connu. Un coupleur 4 d'un guide d'ondes 3 constitué par un matériau diélectrique est placé au-dessous d'un laser à semiconducteur 1 comportant des extrémités réfléchissantes 2, de manière qu'une partie de la lumière laser produite dans le laser 1 puisse être transmise dans le guide d'ondes 3. Cependant, la fixation du guide d'ondes partiellement courbe est difficile.

20 Dans une autre forme de réalisation antérieurement connue, représentée dans la figure 2, une partie du faisceau laser produit par un laser semiconducteur 1a du type à résonateur en anneau, est dérivée par l'intermédiaire d'un coupleur directionnel 3a, mais la fixation du guide d'ondes à faible perte est également difficile du fait qu'il faut utiliser des techniques de fabrication plus précises.

25 Dans un autre agencement antérieurement connu, représenté dans la figure 3, un réflecteur de répartition 3b est fixé sur une partie d'un laser à semiconducteur 1 à couche mince, mais les pertes pour la longueur d'ondes de la lumière laser sont importantes du fait que le guide d'ondes est constitué par une couche mince 30 ayant la même composition que celle du laser. En outre, l'épaisseur du laser à couche mince est très faible pour faire décroître le courant de seuil d'oscillation, de sorte qu'il apparaît l'inconvénient que la lumière de sortie diverge. Un autre inconvénient, réside dans le fait que pour intégrer ce circuit avec d'autres éléments 35 optiques, il est nécessaire d'utiliser des éléments optiques fabriqués de façon individuelle.

Il apparaît également l'inconvénient que des pertes de couplage sont induites entre les éléments traversés par la lumière. Les cristaux doivent croître sur le réflecteur de répartition 3b 40 après qu'il ait été fabriqué, de sorte qu'il apparaît le problème

que la durée de vie est courte.

La figure 4 représente la première forme de réalisation de l'invention, comportant un oscillateur 10 et un guide d'ondes 20. L'oscillateur 10 est constitué par une couche 11 de GaAs, une couche 12 de  $Al_zGa_{1-z}$ , une couche active 13 constituée par du  $Al_xGa_{1-x}As$ , une première électrode 14 est des extrémités réfléchissantes 16 et 16a, des couches isolantes transparentes 15 et 15a étant interposées entre les extrémités réfléchissantes 16 et 16a et les couches 11 à 13. Le guide d'ondes 20 comportent une couche 21 de  $Al_zG_{1-z}As$ , qui est une couche destinée à coupler l'oscillateur 10 et le guide d'ondes 20, une couche 22 de  $Al_yGa_{1-y}As$  qui constitue un guide d'ondes de sortie, une couche 23 de  $Al_zGa_{1-z}$ , une couche 24 de GaAs, et une électrode 25. Les indices x, y et z sont liés par la relation suivante :

$$15 \quad x < y < z$$

Les indices de réfraction des couches sont représentés dans la figure 5, p et n indiquant le type du matériau semiconducteur.

On va maintenant décrire le mode de fonctionnement en se référant à la figure 6 qui est une vue schématique du dispositif présenté dans la figure 4, et à la figure 7 représentant la façon dont une partie de la lumière laser est dérivée de l'oscillateur 10 vers le guide d'ondes 20. La longueur de couplage  $\lambda_c$  dépend des épaisseurs 2a, 2b et 2c, et des indices de réfraction  $n_1$ ,  $n_2$  et  $n_3$  de la couche active 13, de la couche 22 du guide d'ondes de sortie et de la couche de couplage 21.  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  et  $\beta_3$  sont les constantes de propagation.

L'onde laser  $A_1$  présentant la longueur de couplage  $\lambda_c$  qui apparaît à une extrémité de l'oscillateur 10 se propage dans la direction indiquée par la flèche en traits pleins, et se transforme progressivement pour devenir l'onde laser  $A_2$ . Une partie de l'onde laser se propage dans le guide d'ondes 20 alors que l'onde laser  $A_3$ , transmise dans ce guide d'ondes, constitue la sortie. A l'intérieur de l'oscillateur 10, l'onde laser est réfléchie par le miroir réfléchissant 16a suivant la forme d'onde  $A_{1a}$  indiquée par les pointillés. L'onde laser  $A_{1a}$  se transforme en onde laser  $A_{2a}$  dont une partie se propage dans le guide d'ondes 20. L'onde laser  $A_{3a}$  est réfléchie au niveau du miroir réfléchissant 16 pour former l'onde laser  $A_1$  représenté en trait plein. Dans ce cas, l'onde laser dans le guide d'onde 20 devient l'onde de sortie.

Le mode de sortie de l'onde laser avec une longueur de couplage  $\lambda_c/2$  est représenté dans la figure 8. Lorsque  $\beta_1 = \beta_2$  et  $\beta_1 \neq \beta_2$  les ondes laser se présentent comme la superposition de deux ondes, comme représenté dans les figures 9(a) et 9(b).

5 Comme décrit ci-dessus, l'oscillateur à couche mince, constitué par un milieu laser et le circuit de sortie à couche mince, présentant une faible perte pour la longueur d'onde laser peuvent être réalisés sous la forme d'une structure à plusieurs couches.

10 On va maintenant décrire le procédé de fabrication du dispositif représenté dans la figure 4.

Dans le dispositif représenté dans la figure 4, les extrémités 16 de l'oscillateur 12, sur lesquelles sont formés les miroirs réfléchissants 16, ne peuvent pas être clivés ou finis par polissage. Un exemple du procédé de fabrication suivant l'invention 15 permettant de résoudre ce problème va être décrit en se référant à la figure 10.

Sur la plaquette constituée par, comme représenté dans la figure 10 (i), la couche 11 de GaAs, la couche 12 de  $Al_xGa_{1-x}As$ , la couche 13 de  $Al_xGa_{1-x}As$ , la couche 21 de  $Al_zGa_{1-z}As$ , la couche 22 de  $Al_yGa_{1-y}As$ , la couche 23 de  $Al_zGa_{1-z}As$  et la couche 24 de 20 GaAs est placé un masque 26, comme représenté dans la figure 10(ii). Le masque 26 est constitué par un cristal de GaAs dont les deux extrémités 27 et 27a sont clivées pour former des surfaces réfléchissantes. Le masque 26 est placé sur la couche 11 de manière que les 25 surfaces des cristaux puissent coïncider les unes avec les autres. Après quoi, la plaquette est soumise à une pulvérisation inverse, de sorte que les parties déliminées par les pointillés peuvent être éliminées. Ainsi, l'oscillateur 10 de type mesa peut être formé de la façon représentée dans la figure 10(iii). Les surfaces extrêmes 30 de l'oscillateur 10 sont finies de façon à avoir des surfaces réfléchissantes comme cela est le cas des surfaces extrêmes 27 et 27a du masque 26. Après quoi, comme représenté dans la figure 10(iv), les électrodes 14 et 25 sont fixées, les couches isolantes transparentes 15 et 15a sont fixées sur les surfaces extrêmes de l'oscillateur 10, puis les miroirs réfléchissants 16 et 16a sont fixés sur 35 les couches isolantes transparentes 15 et 15a. Ainsi, on peut obtenir un circuit optique intégré du type à guide d'ondes à structure multiple et hétérogène. Par expérience, on a trouvé que les surfaces réfléchissantes pouvaient être obtenues sur la surface <110> 40 du  $Al_xGa_{1-x}As$ , grâce au procédé ci-dessus, les surfaces réfléchissantes

santes ainsi obtenues permettent un effet laser.

D'autres formes de réalisation de l'invention sont représentées dans les figures 11, 12 et 13. Dans le dispositif représenté dans la figure 11, l'oscillateur 10 ne possède pas d'extrémité réfléchissante, mais des réflecteurs de répartition 28 et 28a sont fixés sur la surface supérieure du circuit de sortie 20. Dans le dispositif représenté dans la figure 12, au lieu d'utiliser des réflecteurs de répartition 28, un miroir réfléchissant 27 est fixé sur le circuit de sortie 20, une couche isolante transparente 26 étant interposée entre les deux. Dans le dispositif représenté dans la figure 13, le miroir réfléchissant 27 fait partie intégrante de l'oscillateur 10. Dans ces formes de réalisation, la largeur de la couche du guide d'ondes constituée par du  $Al_yGa_{1-y}As$  du circuit de sortie est représentée comme étant égale à celle de la plaquette, mais on comprendra que cette largeur peut être choisie de façon arbitraire.

Dans la cinquième forme de réalisation représentée dans la figure 14, un circuit de sortie 30 est associé au dispositif représenté dans la figure 4. L'oscillateur 10 et le guide d'ondes 20 sont réalisés sous la forme d'un bloc unitaire, après quoi un circuit de sortie 30 de transformation de mode et réalisé en couche mince est formé sur le guide d'ondes 20, et y est couplé directionnellement. La lumière laser provenant de l'oscillateur 10 est transmise, par l'intermédiaire du guide d'ondes 20, au circuit de sortie 30, à partir duquel la lumière laser est transmise, par l'intermédiaire d'une ligne de transmission 70 à fibres optiques, vers une destination souhaitée.

Dans la sixième forme de réalisation représentée dans la figure 15, un amplificateur 40 et l'oscillateur 10 sont intégrés grâce à une pulvérisation inverse de la plaquette représentée dans la figure 10(i) pour former simultanément l'oscillateur 10 et l'amplificateur 40. Par conséquent, les couches actives du laser de l'oscillateur 10 et de l'amplificateur 40 ont la même composition, de sorte que l'on peut obtenir un excellent amplificateur 40.

La septième forme de réalisation représentée dans la figure 16 comporte en outre un modulateur 50, faisant partie intégrante de l'oscillateur 10 et de l'amplificateur 40 sur le guide d'ondes.

La figure 17 représente en détail le dispositif de la figure 16. La référence 80 désigne une électrode supérieure qui sert aussi de réservoir de chaleur ; les références 81, 84 et 85 dési-

gnent des électrodes inférieures fixées ou formées sur la surface inférieure du guide d'ondes 20, respectivement pour l'oscillateur 10, l'amplificateur 40 et le modulateur 50. Les références 81a, 84a et 85a désignent respectivement des régions de faible résistance formées au voisinage des électrodes inférieures 81, 84 et 85 par diffusion d'impuretés.

Dans la huitième forme de réalisation représentée dans la figure 18, un détecteur ou démodulateur 60 est formé de façon à faire partie intégrante du guide d'ondes 20. A l'opposé des formes de réalisation décrites ci-dessus, seuls les éléments optiques passifs sont formés sur le guide d'ondes 20, ce dispositif étant conçu pour être utilisé pour la détection, la démodulation ou le contrôle.

Dans la neuvième forme de réalisation représentée dans la figure 19, l'amplificateur 40 est tout d'abord formé de façon à faire partie intégrante du guide d'ondes 20, puis on forme le circuit d'entrée 30a et le circuit de sortie 30.

Dans la dixième forme de réalisation représentée dans la figure 20, un filtre 70 est incorporé au dispositif représenté dans la figure 18. Lorsque des lumières laser possédant les fréquences  $f_1$  et  $f_2$  sont transmises à travers le guide d'ondes 20, le filtre 20 supprime la lumière laser présentant la fréquence  $f_2$  de façon à permettre la détection de la lumière laser présentant la fréquence  $f_1$  par le détecteur 60.

Dans la figure 21, on a représenté un circuit arithmétique suivant l'invention, qui utilise la transformation de Fourier dans l'espace. La lumière laser provenant de l'oscillateur 10 est transmise, par l'intermédiaire d'une lentille 91 à couche mince, dans un modulateur spatial 92 et est modulée avec le signal  $g$ . La lumière laser modulée est transmise, par l'intermédiaire d'une lentille 95 à couche mince, à un modulateur spatial 94 et est modulée par le signal  $h$ . Ensuite, le signal modulé est transmis, par l'intermédiaire d'une lentille 95 à couche mince, à un banc de détecteur 96 de façon à pouvoir obtenir  $(g \times h)$  sorties. Suivant l'invention, ces composants peuvent être réalisés sous la forme d'un circuit intégré.

Dans le dispositif représenté dans la figure 22, on forme  $N$  oscillateurs, 10A, 10B... 10N en parallèle de façon que leurs sorties puissent être ajoutées par l'intermédiaire d'une lentille 97 à couche mince pour fournir une sortie de valeur élevée.

Dans les formes de réalisation ci-dessus, on a utilisé des lasers à semiconducteurs en GaAs, mais on peut utiliser n'importe

quel laser à diode à structure hétérogène appropriée , par exemple en InGaAs, AlGaAsSb, InGaAsP, etc.

### R E V E N D I C A T I O N S

1 - Circuit optique intégré du type à guide d'ondes à structures multiples hétérogènes, caractérisé par le fait qu'un oscillateur à couche mince du type mesa, comportant les éléments optiques passifs ou actifs, est formé sur un guide d'ondes à structure multiple hétérogène, présentant de faibles pertes pour la longueur d'ondes de la lumière laser qui doit être transmise, de façon à en faire partie intégrante, par l'intermédiaire d'un coupleur directionnel.

2 - Circuit suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit oscillateur est constitué par une couche de GaAs, une couche de  $Al_z Ga_{1-z} As$ , une couche active constituée par du  $Al_x Ga_{1-x}$ , une électrode fixée sur la couche de GaAs, et des miroirs réfléchissant formés par l'intermédiaire de couches isolantes déposées sur les surfaces extrêmes de l'oscillateur.

3 - Circuit suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit coupleur directionnel est constitué par une couche de  $Al_z Ga_{1-z} As$ , une couche de  $Al_x GaAsSb$ , ou une couche de InGaAs.

4 - Circuit suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit guide d'ondes est formé par une couche de couplage constituée par du  $Al_z Ga_{1-z} As$  destinée à établir un couplage entre l'oscillateur et le guide d'ondes, une couche constituant le guide d'ondes de sortie étant constituée par du  $Al_y Ga_{1-y} As$ , une couche de GaAs et une seconde électrode étant fixée sur la couche de GaAs.

5 - Circuit suivant la revendication 4, caractérisé par le fait qu'un réflecteur de répartition est formé sur la surface supérieure du guide d'ondes, de façon à en faire partie intégrante.

6 - Circuit suivant la revendication 4, caractérisé par le fait qu'un réflecteur de répartition et un miroir réfléchissant sont formés sur le guide d'ondes.

7 - Circuit suivant la revendication 4, caractérisé par le fait qu'un réflecteur réfléchissant est formé de façon à faire partie intégrante à la fois de l'oscillateur et du guide d'ondes.

8 - Circuit suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'un circuit de sortie à couche mince, permettant d'adapter le mode, est formé sur la surface supérieure du guide d'ondes, de façon à en faire partie intégrante, et y est couplé de façon directionnelle.

9 - Circuit suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'un amplificateur est formé sur la surface supérieure du gu-

de d'ondes, de façon à en faire partie intégrante.

10 - Circuit suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que plusieurs oscillateurs sont formés sur le guide d'ondes et sont agencés en parallèle de manière à pouvoir dériver les signaux de sortie des oscillateurs par l'intermédiaire d'une lentille à couche mince.

11 - Circuit suivant la revendication 9, caractérisé par le fait qu'un modulateur est formé sur la surface supérieure du guide d'ondes, de façon à en faire partie intégrante.

10 12 - Circuit suivant la revendication 11, caractérisé par le fait qu'un détecteur ou démodulateur est formé sur la surface supérieure du guide d'ondes, de façon à en faire partie intégrante.

15 13 - Circuit suivant la revendication 12, caractérisé par le fait qu'un filtre est en outre formé sur la surface supérieure du guide d'ondes, de façon à en faire partie intégrante.

14 - Circuit optique intégré du type à guide d'ondes à structure multiple hétérogène, caractérisé par le fait qu'il comporte un oscillateur laser à semiconducteurs, une première lentille à couches minces par l'intermédiaire de laquelle est transmise la lumière laser à partir de l'oscillateur, un premier banc de modulateurs spatiaux agencés en parallèle de façon à moduler la lumière laser transmise par l'intermédiaire de la première lentille à couches minces, une seconde lentille à couche mince destinée à transmettre la lumière laser modulée provenant du premier banc de modulateurs spatiaux, un second banc de modulateurs spatiaux agencés en parallèle pour moduler en outre la lumière laser transmise par l'intermédiaire de la seconde lentille à couche mince, une troisième lentille à couche mince destinée à transmettre la lumière laser provenant du second banc de modulateurs spatiaux, et un banc de détecteurs agencés en parallèle pour détecter ou démoduler la lumière modulée transmise par l'intermédiaire de la troisième lentille à couches minces.

15 - Procédé de fabrication d'un circuit optique intégré du type à guide d'ondes à structure multiple hétérogène, caractérisé par le fait qu'il consiste à préparer une plaquette multicouche comportant une première couche constituée par du GaAs, une seconde couche constituée par du  $Al_xGa_{1-x}As$ , lesdites première et seconde couches constituant un oscillateur, une troisième couche constituée par du  $Al_xGa_{1-x}As$  et constituant une couche de couplage, une quatrième couche constituée par du  $Al_yGa_{1-y}As$  et constituant un guide d'ondes de sortie, une cinquième couche constituée par du

$Al_xGa_{1-x}As$ , et une sixième couche constituée par du GaAs, lesdites couches étant disposées dans l'ordre cité du haut vers le bas, à placer un masque sur la première couche, à attaquer chimiquement la plaquette de façon à éliminer les couches non souhaitées au-dessus de la moitié inférieure de la couche de couplage constituée par du  $Al_xGa_{1-x}As$ , formant ainsi un oscillateur de type mesa, à finir les surfaces extrêmes de l'oscillateur du type mesa de façon à obtenir des surfaces réfléchissantes, à fixer des couches isolantes transparentes sur les surfaces extrêmes réfléchissantes, et à former des miroirs réfléchissants sur les couches isolantes transparentes.

16 - Procédé suivant la revendication 15, caractérisé par le fait que ledit masque est constitué par un cristal de GaAs dont les extrémités sont clivées pour obtenir des surfaces réfléchissantes, ce masque étant placé sur la première couché de GaAs de l'oscillateur de manière que les surfaces cristallines coïncident l'une avec l'autre.

FIG.1

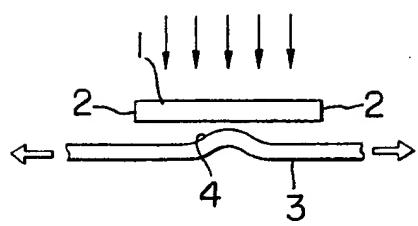


FIG.2

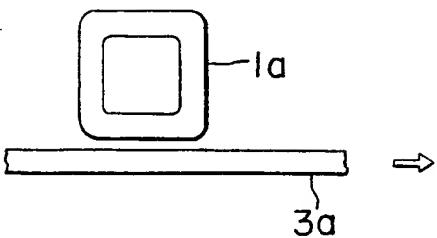


FIG.3

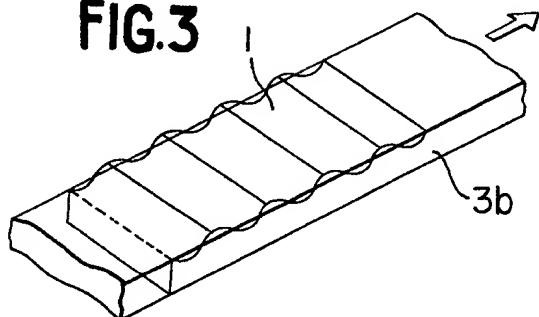


FIG.4

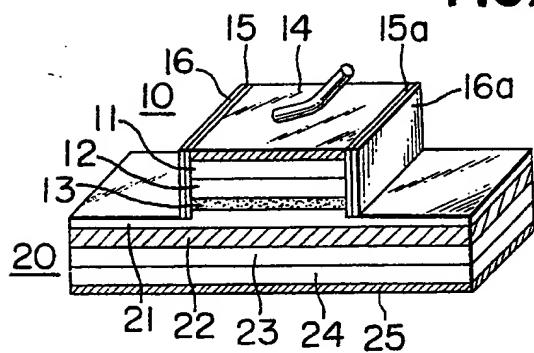


FIG.5

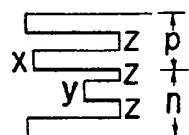
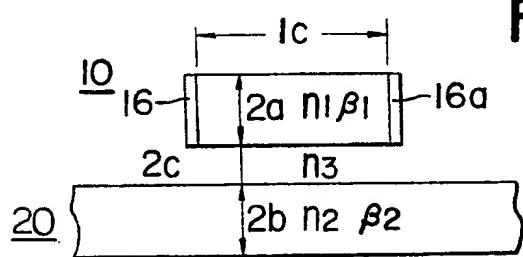
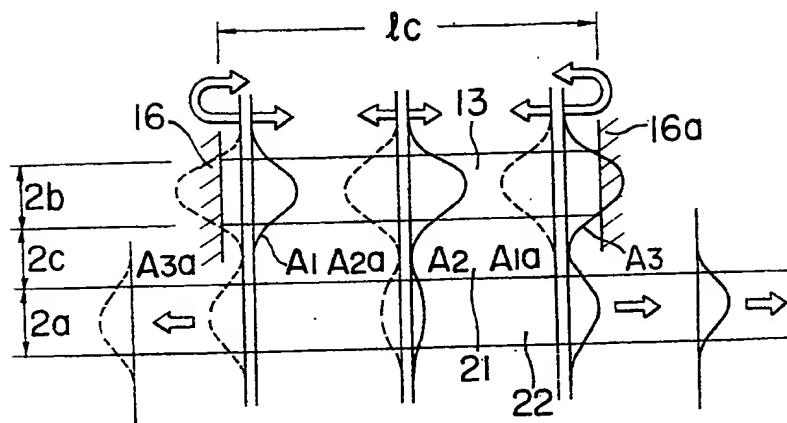
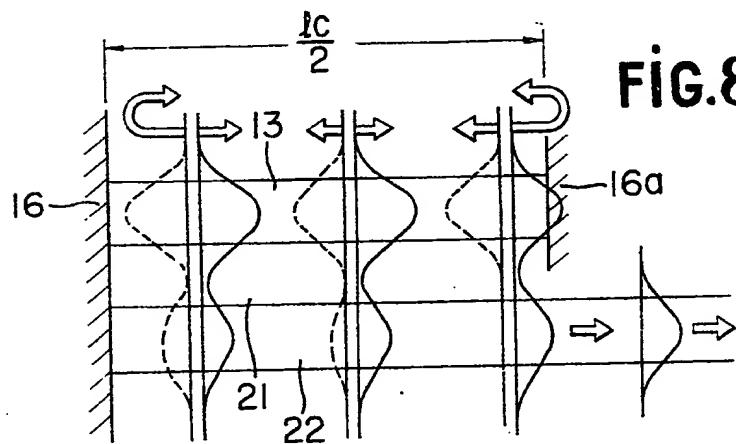
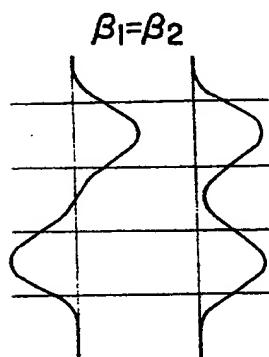
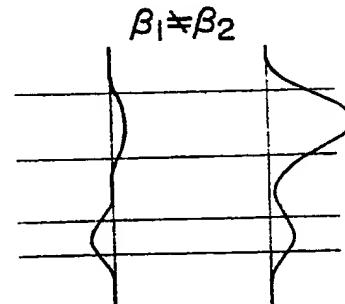


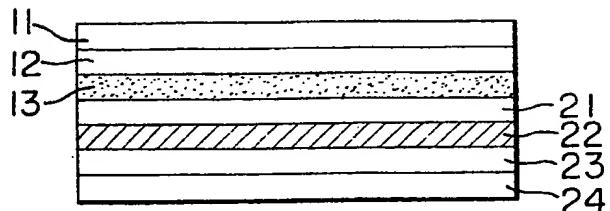
FIG.6



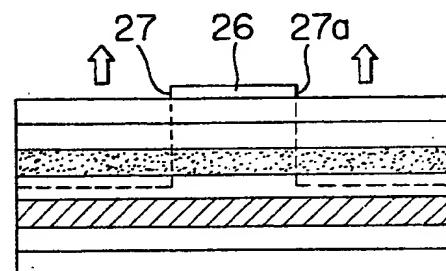
**FIG.7****FIG.8****FIG.9(a)****FIG.9(b)**

## FIG.10

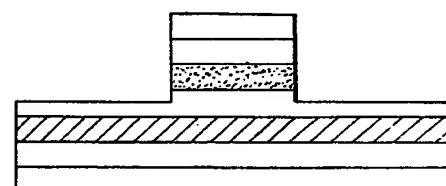
(i)



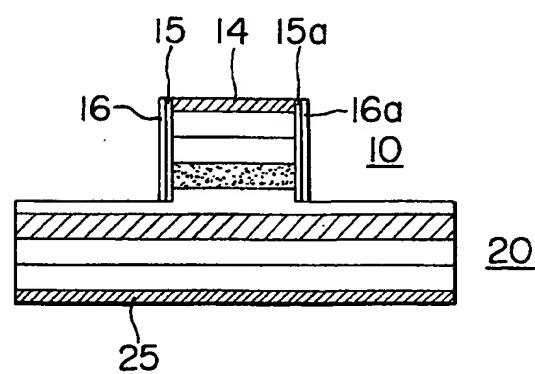
(ii)

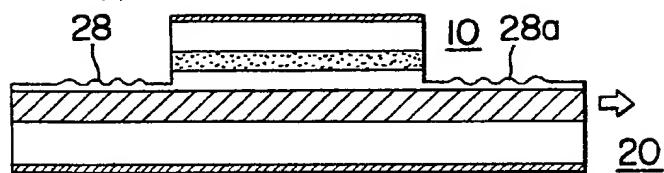
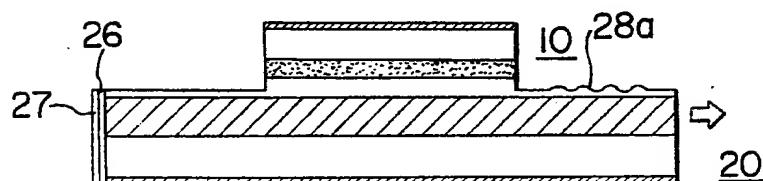
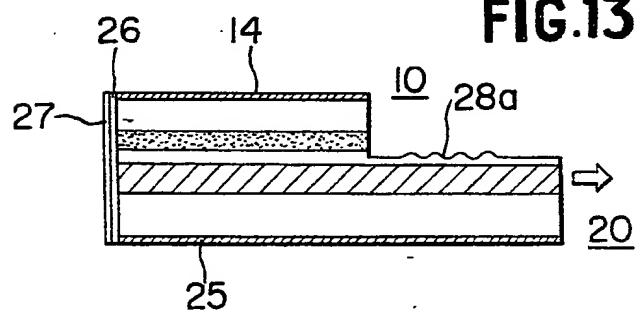
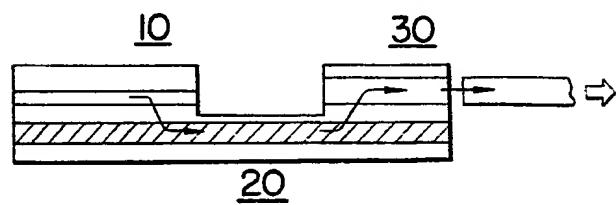


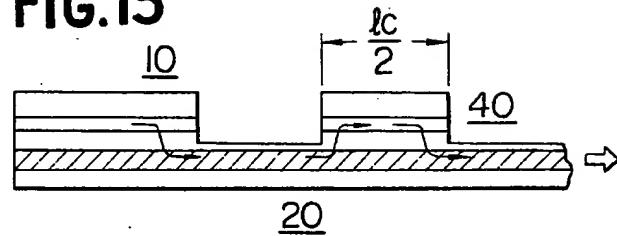
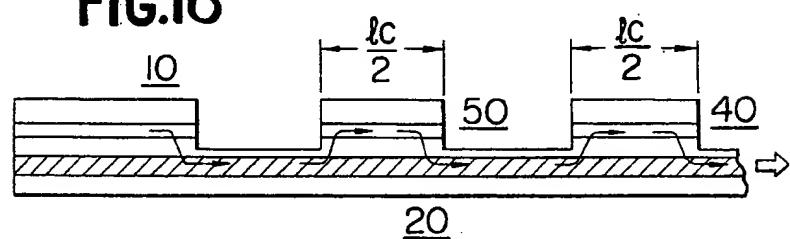
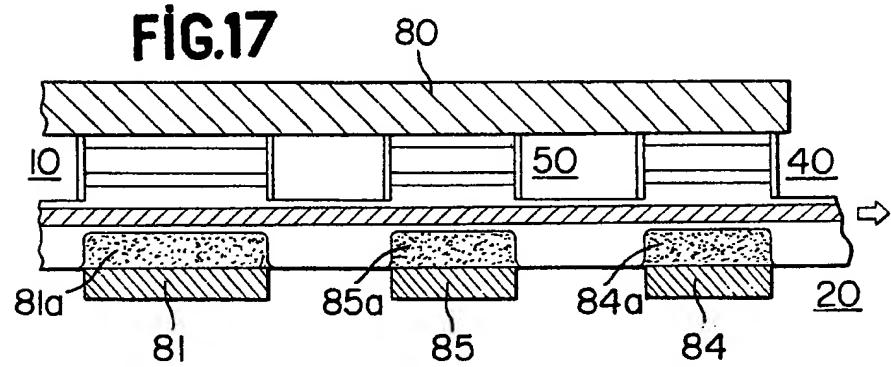
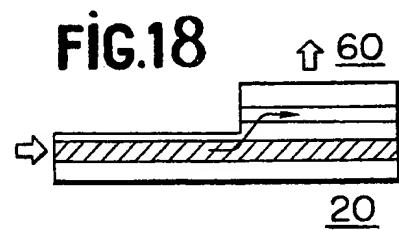
(iii)

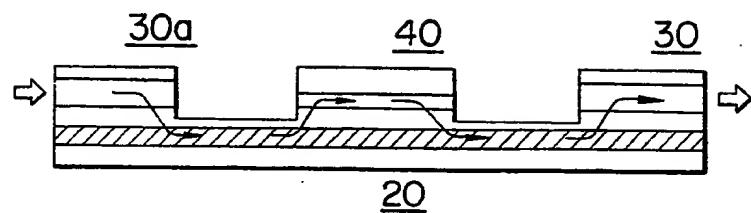
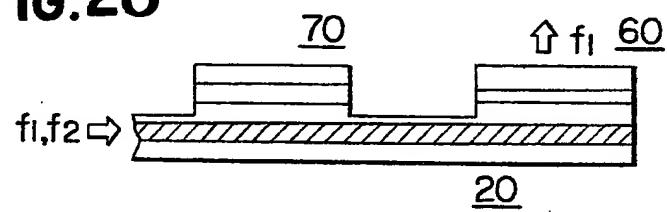
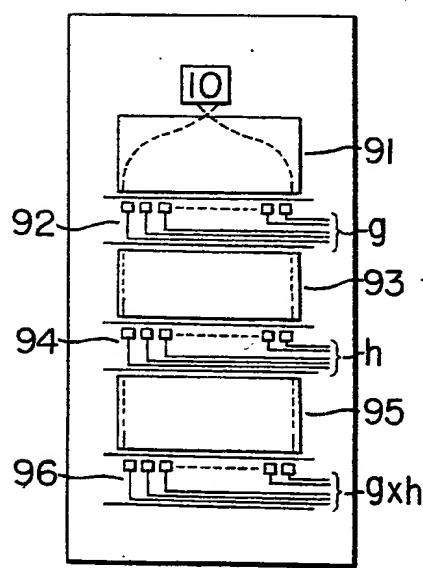


(iv)



**FIG.11****FIG.12****FIG.13****FIG.14**

**FIG.15****FIG.16****FIG.17****FIG.18**

**FIG.19****FIG.20****FIG.21****FIG.22**